

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-162366

(P2002-162366A)

(43) 公開日 平成14年6月7日(2002.6.7)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード*(参考)
G 0 1 N 21/956		G 0 1 N 21/956	A 2 G 0 5 1
21/958		21/958	2 H 0 8 8
G 0 2 F 1/13	1 0 1	G 0 2 F 1/13	1 0 1 4 M 1 0 6
G 0 6 T 1/00	3 0 5	G 0 6 T 1/00	3 0 5 A 5 B 0 5 7
7/00	3 0 0	7/00	3 0 0 E 5 L 0 9 6

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 16 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2000-359608(P2000-359608)

(22) 出願日 平成12年11月27日(2000.11.27)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 本田 敏文

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株

式会社日立製作所生産技術研究所内

(72) 発明者 高木 裕治

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株

式会社日立製作所生産技術研究所内

(74) 代理人 100093492

弁理士 鈴木 市郎 (外1名)

最終頁に続く

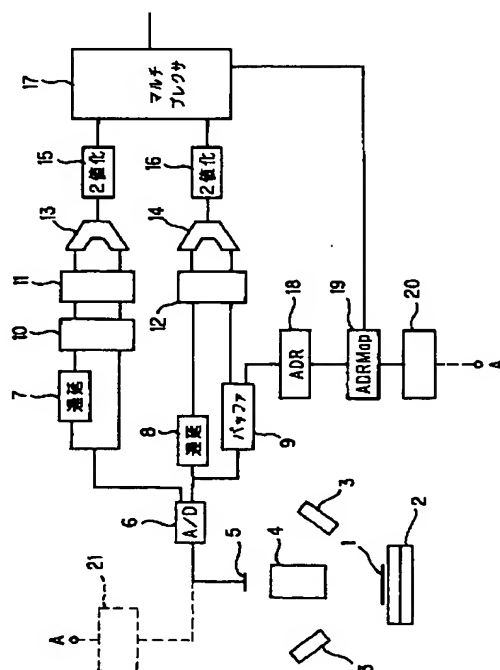
(54) 【発明の名称】 欠陥検査方法とその装置、及び欠陥の自動分類のための欠陥位置検出方法

(57) 【要約】

【課題】 検査対象の微細で任意方向に規則的に繰り返すパターンを利用して、高精度の欠陥検出を可能とし、かつ回路規模の増大化を回避できるようにする。

【解決手段】 リニアセンサ5で読み取った半導体ウエハ1上のチップの外観画像から、チップ内の規則性パターンを有する検査領域では、遅延メモリ8、バッファメモリ9、比較器14、2値化回路16などでチップ内比較によって欠陥が検出され、また、かかるパターンを持たない検査領域では、チップ遅延メモリ7、比較器13、2値化回路15などでチップ間比較によって欠陥が検出される。データ生成器20に格納されているデータに基づいて半導体ウエハ1での各検査領域のアドレス遅延マップ19が形成され、これに基づいて、マルチプレクサ17が2値化回路15、16のいずれかの出力を選択し、また、上記パターンのピッチや繰り返し方向に応じて、バッファメモリ9による遅延量が制御される。

図1



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 検査対象物の外観画像を取得し、該検査対象物上の各位置を着目点として、該着目点の画像と該検査対象物の該着目点とは異なる位置の比較点の画像とを比較することにより、該着目点での欠陥の有無を検出する欠陥検出方法であって、

該外観画像は複数の検査領域の画像に区分され、該検査領域の画像毎に、該着目点に対する該比較点の 2 次元的な位置関係を示す情報が設定され、該情報に基づいて、該着目点の画像とこれに対する該比較点の画像との比較を可能とすることを特徴とする欠陥検査方法。

【請求項 2】 同一設計仕様で形成された形成物が 2 次元的に所定の規則に従って配列されてなる検査対象物の外観画像を取得し、該検査対象物上の各位置を着目点として、該着目点の画像と該検査対象物の該着目点とは異なる位置の比較点の画像とを比較することにより、該着目点での欠陥の有無を検出する欠陥検査方法であって、該各形成物の該外観画像は、複数の検査領域の画像に分割されており、該検査領域の画像毎に、該着目点の画像と比較する該比較点の画像が、該着目点を含む該形成物とは異なる該形成物の該着目点に対応する位置の画像であるか、該着目点と同じ該形成物に含まれる位置の画像であるかを示す第 1 の情報と、該着目点の画像と比較する該比較点の画像が該着目点と同じ該形成物に含まれる位置の画像であるとき、同じ該形成物内での該着目点に対する該比較点の 2 次元的な位置関係を示す第 2 の情報とが設定され、該第 1、第 2 の情報に基づいて、該着目点の画像とこれに対する該比較点の画像との比較を可能とすることを特徴とする欠陥検査方法。

【請求項 3】 請求項 1 または 2 において前記検査対象物は、ガラス基板上に形成された回路パターンからなることを特徴とする欠陥検査方法。

【請求項 4】 請求項 1 または 2 において前記検査対象物は、半導体ウエハであることを特徴とする欠陥検査方法。

【請求項 5】 検査対象物の外観画像を取得し、該検査対象物上の各位置を着目点として、該着目点の画像と該検査対象物の該着目点とは異なる位置の比較点の画像とを比較することにより、該着目点での欠陥の有無を検出する欠陥検出方法であって、該外観画像は複数の検査領域に分割されており、該検査領域の毎に、該着目点に対する該比較点の 2 次元的な位置関係を示す第 1 の情報と該検査領域の範囲を示す第 2 の情報とが互いに関連付けて設定され、該第 1、第 2 の情報に基づいて、該着目点の画像とこれに対する該比較点の画像との比較を可能とすることを特徴とする欠陥検査方法。

【請求項 6】 請求項 5 において前記第 2 の情報は、前

記検査領域の範囲を画像情報で表わすことを特徴とする欠陥検査方法。

【請求項 7】 請求項 6 において前記画像情報は画像圧縮されていることを特徴とする欠陥検査方法。

【請求項 8】 複数の異なる検査領域が形成され、かつ該検査領域のうちの少なくとも 1 つが一定のピッチで繰り返すパターンを有する検査対象物の外観画像を取得し、該パターンを有する該検査領域では、該検査領域内の各位置を着目点として、該着目点の画像と同じ該検査領域中の該着目点とは異なる位置の比較点の画像とを比較することにより、該着目点での欠陥の有無を検出する欠陥検査方法であって、

該外観画像を複数の局所画像に分割して、該局所画像毎に、所定の探索範囲内で該外観画像に対するパターンマッチングを行なうことにより、繰り返しパターンのピッチを検出し、該外観画像と該外観画像を検出した該ピッチ分移動させた画像とを比較することにより、該ピッチの繰り返しパターンを有する該検査領域を検出することを特徴とする欠陥検査方法。

【請求項 9】 請求項 8 において、前記検査対象物は、同一設計仕様で形成された複数の欠陥検査の対象となる形成物を有し、かつ該形成物は夫々前記検査領域を複数有しており、前記外観画像と前記外観画像を検出した前記ピッチ分移動させた画像とを比較することによって前記ピッチの繰り返しパターンを有するものと判定された前記検査領域以外の検査領域の着目点に対する前記比較点を、同一設計仕様で形成された他の該形成物での該着目点に対応する位置とすることを特徴とする欠陥検査方法。

【請求項 10】 同一設計仕様で形成された形成物が 2 次元的に所定の規則に従って配列されてなる検査対象物の外観画像を取得し、該検査対象物上の各位置を着目点として、該着目点の画像と該検査対象物の該着目点とは異なる位置の比較点の画像とを比較することにより、該着目点での欠陥の有無を検出する欠陥検査装置であって、該検査対象物から該形成物の外観画像を取得する第 1 の手段と、

該第 1 の手段で得られる一方の該形成物の外観画像と他方の該形成物の外観画像との位置合わせを行なう第 2 の手段と、該第 2 の手段で位置合わせされた夫々の外観画像の信号レベルを一致させるように補正する第 3 の手段と、該第 3 の手段で補正された夫々の外観画像の信号レベルを比較し、欠陥を検出する第 4 の手段と、所定のピッチで任意の方向に繰り返すパターンを有する該形成物から該第 1 の手段によって得られる外観画像の信号から第 1、第 2 の外観画像の信号を形成し、該形成物上の各位置を着目点とし、かつ同じ該形成物での該着

目点から該パターンの繰り返し方向に該パターンのピッチの整数倍だけ離れた位置を該着目点に対する比較点として、該着目点に対する該第 1 の外観画像の信号における画像と該比較点に対する該第 2 の外観画像の信号における画像とのタイミングが一致するように、該第 1、第 2 の外観画像を位置合わせする第 5 の手段と、該第 5 の手段からの該第 1、第 2 の外観画像の信号の信号レベルを比較し、欠陥を検出する第 6 の手段と、該第 4 の手段での検出結果と該第 6 の手段の検出結果とのいずれか一方を選択する第 7 の手段とを備えたことを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項 11】 請求項 10 において前記検査対象物の形成物は、ガラス基板上に形成された回路パターンであることを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項 12】 請求項 10 において前記検査対象物の形成物は、半導体ウエハのチップであることを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項 13】 同じ設計仕様で形成された複数の欠陥検査の対象となる形成物を有する検査対象物上の微細欠陥の位置を検出し、該欠陥を自動分類のための欠陥位置検出方法であって、

該形成物の外観画像を取得し、該外観画像を複数の局所画像に区分して、該局所画像毎に、該局所画像と該外観画像とを所定の探索範囲内でパターンマッチングして繰り返しパターンのピッチの有無を検出し、

該外観画像と該外観画像を検出したピッチ分移動させた画像とを比較することにより、繰り返しパターンを有する 1 以上の第 1 の領域と繰り返しパターンを有しない第 2 の領域とに区分し、

該第 1 の領域では、該第 1 の領域内の夫々の位置を着目点とするとともに、該第 1 の領域内の該着目点と所定の位置関係にある位置を比較点として、該着目点の画像と該比較点の画像とを比較することにより、該第 1 の領域での欠陥位置を検出し、

該第 2 の領域では、該第 2 の領域内の夫々の位置を着目点とするとともに、該着目点を含まない他の該形成物での該着目点と同じ位置関係にある位置を比較点とし、該着目点の画像と該比較点の画像とを比較することにより、該第 2 の領域での欠陥位置を検出することを特徴とする欠陥の自動分類のための欠陥位置検出方法。

【請求項 14】 請求項 13 において前記形成物は半導体チップであって、

前記第 1 の領域では、前記比較点の画像として適用可能な領域のデータを予め設定することが不要であることを特徴とする微細欠陥の自動分類のための欠陥位置検出方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、微細な規則性パターンをもつ検査対象の製造状態を自動的に評価判定する

方法に係り、特に、微細なパターンをもつ検査対象の外観画像を取得し、この外観画像を認識することによって検査対象の製造状態を評価判定するための欠陥検査方法とその装置、及び欠陥の自動分類のための欠陥位置検出方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 微細な規則性パターンをもつ検査対象の製造状態を自動的に評価判定する装置としては、例えば、特開平 3-232250 号公報に示されるように、半導体ウエハ上の隣接する 2 つのチップのパターンを比較するチップ比較検査とチップ内の同一繰り返しパターン部同士を比較する繰り返しパターン比較検査とを並行して実行するようにしたパターン検査方法が知られている。また、特開平 10-89931 号公報に示されるように、2 次元的な繰り返し性を有する箇所において、互いに直交する異なる方向毎にチップ内の繰り返しパターンを比較し、そのいずれの方向の比較でも、同じ位置に欠陥が検出されたとき、この位置に欠陥があると判定する検査方法も知られている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、上記の特開平 3-232250 号公報に示される隣接する 2 つのチップのパターンを比較する検査方法では、チップ間の距離がパターンピッチに対し相対的に大きくなると、画像を検出する検出系の安定性や形成されるパターンの条件の違いなどにより、同一に形成されることが期待されるパターン同士でも異なったパターンとして検出されてしまい、結果的にそれを欠陥とする虚報が多くなる。また、これを防止するためには、検査感度を下げざるを得ないが、このようにすると、欠陥の見逃しが発生し易くなる、という現象が発生していた。

【0004】 また、チップ内の同一繰り返しパターン部同士を比較する繰り返しパターン比較検査は、パターンの 2 次元的な繰り返し性のうち、一方向の繰り返し性のみにしか対応できなかった。このため、例えば、図 9 に示すような液晶のガラス基板上に形成したロジックパターン 71~73 を検査する場合には、ロジックパターン 73 の検査はできても、これとはパターンの繰り返し方向が異なるロジックパターン 71、72 については、一般に、繰り返しパターン部同士を比較する方法で検査することはできなかった。

【0005】 また、上記特開平 10-89931 号公報に示されるような検査方法では、孤立パターンが欠陥として検出されてしまうこと、また、異なる 2 方向で比較した結果がともに異なっていた場合にしか欠陥として検出しないため、検出感度が低くなることといった問題が発生していた。さらに、この検査方法では、異なる複数方向の比較検査を同時に行なうため、画像処理回路規模が増大してしまうという問題点もあった。

【0006】 本発明は、以上の点に鑑みてなされたもの

であって、その目的は、任意の方向に繰り返すパターンを利用して高精度の欠陥検出を可能とし、かつ回路規模の増大化を回避できるようにした欠陥検査方法とその装置、及び欠陥の自動分類のための欠陥位置検出方法を提供するにある。

#### 【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は、検査対象物の外観画像を取得し、該検査対象物上の各位置を着目点として、該着目点の画像と該検査対象物の該着目点とは異なる位置の比較点の画像とを比較することにより、該着目点での欠陥の有無を検出する欠陥検出方法であって、該外観画像は複数の検査領域の画像に区分され、該検査領域の画像毎に、該着目点に対する該比較点の2次元的な位置関係を示す情報が設定され、該情報に基づいて、該着目点の画像とこれに対する該比較点の画像との比較を可能とするものである。

【0008】また、本発明は、同一設計仕様で形成された形成物が2次元的に所定の規則に従って配列されてなる検査対象物の外観画像を取得し、該検査対象物上の各位置を着目点として、該着目点の画像と該検査対象物の該着目点とは異なる位置の比較点の画像とを比較することにより、該着目点での欠陥の有無を検出する欠陥検査装置であって、該検査対象物から該形成物の外観画像を取得する第1の手段と、該第1の手段で得られる一方の該形成物の外観画像と他方の該形成物の外観画像との位置合わせを行なう第2の手段と、該第2の手段で位置合わせされた夫々の外観画像の信号レベルを一致させるように補正する第3の手段と、該第3の手段で補正された夫々の外観画像の信号レベルを比較し、欠陥を検出する第4の手段と、所定のピッチで任意の方向に繰り返すパターンを有する該形成物から該第1の手段によって得られる外観画像の信号から第1、第2の外観画像の信号を形成し、該形成物上の各位置を着目点とし、かつ同じ該形成物での該着目点から該パターンの繰り返し方向に該パターンのピッチの整数倍だけ離れた位置を該着目点に対する比較点として、該着目点に対する該第1の外観画像の信号における画像と該比較点に対する該第2の外観画像の信号における画像とのタイミングが一致するように、該第1、第2の外観画像を位置合わせする第5の手段と、該第5の手段からの該第1、第2の外観画像の信号の信号レベルを比較し、欠陥を検出する第6の手段と、該第4の手段での検出結果と該第6の手段の検出結果とのいずれか一方を選択する第7の手段とを備えた構成とする。

【0009】さらに、本発明は、同じ設計仕様で形成された複数の欠陥検査の対象となる形成物を有する検査対象物上の微細欠陥の位置を検出し、該欠陥を自動分類のための欠陥位置検出方法であって、該形成物の外観画像を取得し、該外観画像を複数の局所画像に区分して、該局所画像毎に、該局所画像と該外観画像とを所定の探索

範囲内でパターンマッチングして繰り返しパターンのピッチの有無を検出し、該外観画像と該外観画像を検出したピッチ分移動させた画像とを比較することにより、繰り返しパターンを有する1以上の第1の領域と繰り返しパターンを有しない第2の領域とに区分し、該第1の領域では、該第1の領域内の夫々の位置を着目点とするとともに、該第1の領域内の該着目点と所定の位置関係にある位置を比較点として、該着目点の画像と該比較点の画像とを比較することにより、該第1の領域での欠陥位置を検出し、該第2の領域では、該第2の領域内の夫々の位置を着目点とするとともに、該着目点を含まない他の該形成物での該着目点と同じ位置関係にある位置を比較点とし、該着目点の画像と該比較点の画像とを比較することにより、該第2の領域での欠陥位置を検出するものである。

#### 【0010】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態を図面を用いて説明する。図1は本発明による欠陥検査方法及び装置の一実施形態を示す構成図であって、1は半導体ウエハ、2はXYステージ、3は照明手段、4はレンズ、5はリニアセンサ、6はA/D変換器、7はチップ遅延メモリ、8は遅延メモリ、9はバッファメモリ、10は画像位置合わせ処理回路、11は画像信号補正処理回路、12は画像位置合わせ処理回路、13、14は比較器、15、16は2値化回路、17はマルチプレクサ、18はアドレス生成器、19はアドレス遅延マップ設定部、20は比較対象領域特定データ生成部、21は自動領域設定部である。

【0011】同図において、XYステージ2上に検査対象である半導体ウエハ1が固定されており、この半導体ウエハ1の表面が照明手段3によって照明される。この半導体ウエハ1の表面には、同じ設計仕様に基づいて形成された複数のチップが2次元的に、かつ規則的に配列されている。照明手段3の照明波長は、特に限定されないが、半導体ウエハ1の設計パターンピッチの微細化に伴って短波長の照明が行なわれるようになってきている。半導体ウエハ1からの反射光はレンズ4で集光され、リニアセンサ5に結像される。リニアセンサ5では、この結像された光像が電気信号に変換され、この電気信号がA/D変換器6でデジタル化される。以下、このA/D変換器6から出力されるデジタル信号を画像データということにする。XYステージ2は、リニアセンサ5の1ラインスキャンと同期して、リニアセンサ5の画素セルの配列方向に直交する方向に移動し、その移動量はリニアセンサ5が1ラインスキャンする期間にこのリニアセンサ5の1セル分であって、これにより、リニアセンサ5が半導体ウエハ1の表面を隙間なくスキャンできて、半導体ウエハ1の2次元画像を検出することができる。

【0012】A/D変換器6から出力される画像データ

は、遅延メモリ 8 とバッファメモリ 9 とに供給される。遅延メモリ 8 の遅延量はユーザが適宜設定可能であって、バッファメモリ 9 の遅延量は、アドレス生成器 18 により、アドレス遅延マップ設定部に基づいて画像データの各画素毎に制御される。ここで、リニアセンサ 5 が半導体ウエハ 1 のチップ内の同じ繰り返しパターンの部分を読み取っているときには、A/D 変換器 6 から出力される画像データはかかる繰り返しパターンを表わす画像データであり、従って、これら遅延メモリ 8 とバッファメモリ 9 とから得られる画像データもこの繰り返しパターンの画像データであるが、これら画像データ間の時間差がかかる繰り返しパターンのピッチの整数倍となるように、遅延メモリ 8 の遅延量に対してバッファメモリ 9 の遅延量が制御される。

【0013】なお、この遅延メモリ 8 は必ずしも必要としないものであるが、後述する理由により、以下では、この遅延メモリ 8 が設けられる。

【0014】遅延メモリ 8 とバッファメモリ 9 とからの画像データは、さらに、画像位置合わせ処理回路 12 で夫々の繰り返しパターンが画素単位以下で高精度に位置合わせされるように処理された後、比較器 14 に夫々入力 a、入力 b として供給される。これにより、同じ繰り返しパターン同士がそのピッチの整数倍ずらされた状態で比較される。この比較器 14 の出力は、2 値化回路 16 で 2 値化された後、マルチプレクサ 17 に供給される。

【0015】以上の比較処理を、以下、チップ内比較というが、このチップ内比較では、上記の処理動作から明らかなように、チップ内の繰り返しパターンの領域内の或る着目点の画像データが遅延メモリ 8 から出力され、画像位置合わせ処理回路 12 を介して比較器 14 に入力 a として供給されたとき、この繰り返しパターンの領域内のこの着目点からこの繰り返しパターンのピッチの整数倍の距離だけこのパターンの繰り返し方向に離れた位置（以下、これを着目点に対する比較点という）の画像データがバッファメモリ 9 から出力されて、画像位置合わせ処理回路 12 を介し、比較器 14 に入力 b として供給されることになり、これにより、チップ内の着目点がこれと同じ繰り返しパターン内の比較点と比較される。

【0016】また、2 値化回路 16 は、欠陥であるか否かを判定するための閾値レベルをもって比較器 14 の出力を 2 値化する。以下では、2 値化回路 16 からの出力は、欠陥を表わすとき、“H”（ハイレベル）とし、欠陥でないときには、“0”（ローレベル）とする。

【0017】また、A/D 変換器 6 から出力される画像データは、一方では、画像位置合わせ処理回路 10 と画像信号補正処理回路 11 とを介して比較器 13 に供給されるとともに、他方、チップ遅延メモリ 7 で遅延された後、画像位置合わせ処理回路 10 と画像データ補正処理回路 11 とを介して比較器 13 に供給される。この比較

器 13 の出力は、上記の 2 値化回路 16 と同様に動作する 2 値化回路 15 によって 2 値化された後、マルチプレクサ 17 に供給される。

【0018】ここで、チップ遅延メモリ 7 は、半導体ウエハ 1 上のチップ間の間隔に相当する遅延量が設定されており、或るチップの着目点の画像データが比較器 13 に入力 a として供給されると、これとタイミングが一致して、このチップに隣り合う他のチップでの上記着目点に対応する位置（比較点）の画像データが比較器 13 に入力 b として供給される。これにより、比較器 13 では、或るチップの着目点の画像データがこれに隣り合う他のチップでの比較点の画像データと比較され、この着目点に欠陥があるか否かに応じたレベルの出力が得られる。この出力も、2 値化回路 15 により、これが欠陥であるときには“1”、欠陥でないときには“0”となるように、2 値化される。

【0019】以上の処理を、以下、チップ間比較という。

【0020】なお、画像位置合わせ処理回路 10 は、A/D 変換器 6 からの画像データとチップ遅延メモリ 7 からの 1 チップ分遅延された画像データとの高精度の位置合わせを行なうものである。これは、XY ステージ 2 などの誤差により、チップ遅延メモリ 7 から厳密に 1 チップ分ずれた画像データを取得することは難しいためであり、A/D 変換器 6 からの画像データとチップ遅延メモリ 7 からの 1 チップ分遅延された画像データとによって夫々表わされる 2 次元画像データ内に含まれる被検査対象の回路パターンなどに着目して、これら 2 次元画像データ上の回路パターン像が一致するように、一方の画像データをシフトさせる処理を行なうものである。

【0021】また、画像信号補正処理回路 11 は、A/D 変換器 6 から出力されて画像位置合わせ処理回路 10 による位置合わせ処理後の画像データ（即ち、着目点の画像データ）とチップ遅延メモリ 7 から出力されて画像位置合わせ処理回路 10 による位置合わせ処理後の 1 チップ分遅延された画像データ（即ち、比較点の画像データ）との信号レベルの補正を行なうものであり、一方の画像データの信号レベルを基準として、他方の画像データの信号レベルを調整して、これら画像データの信号レベルを一致させる。

【0022】これは、着目点の画像データと比較点の画像データとは、それを取り込んだ半導体ウエハ 1 上の場所が 1 チップ分異なるため、これらの場所の表面性状に違いが生じている場合もあり、このような場合には、これらの場所で画像データとして撮像された回路パターンの形状は同一であっても、信号レベルが異なることもあり、このために、比較器 13 で比較する前に、かかる信号レベルを一致させる補正処理が必要となるものである。

【0023】被検査対象としての半導体ウエハ 1 のチッ

ブによっては、チップ内比較による検査（チップ内比較検査）が可能な領域とチップ間比較による検査（チップ間比較検査）が必要な領域とがある。チップ内比較検査の領域では、マルチプレクサ17は2値化回路16からの入力aを選択し、チップ間比較検査の領域では、マルチプレクサ17は2値化回路15からの入力bを選択する。このようなマルチプレクサ17の選択動作は、比較対象領域特定データ生成部20で生成される比較対象領域特定データに基づいて得られるアドレス遅延マップ設定部19により、制御される。

【0024】比較対象領域特定データ生成部20で生成される比較対象領域特定データは、被検査対象の半導体ウエハ1での各チップについて、チップ内比較検査やチップ間比較検査の検査領域を特定するデータやこれら領域に関する属性データなどからなるものであって、かかる比較対象領域特定データに基づいて、チップでのこれら検査領域を表わす画素単位のマップデータがアドレス遅延マップ設定部19で作成される。即ち、各チップ毎にチップ内比較検査やチップ間比較検査の検査領域のマップが、画素単位の位置付けで、表現されることになる。

【0025】一方、図示しない手段により、XYステージ2の移動距離やリニアセンサ5の読み取り位置を検出するなどして、半導体ウエハ1でのリニアセンサ5による読み取り位置（即ち、着目点）を検出することができる。この検出結果を基に、A/D変換器6から2値化回路15、16までの時間遅延を考慮することにより、2値化回路15、16の出力に対する着目点が半導体ウエハ1上のどの位置であるかを知ることができる。従って、半導体ウエハ1での着目点の位置が分かれば、アドレス遅延マップ設定部19に展開される領域マップ内でこの着目点がどの検査領域内にあるかを判定することができる。これにより、着目点がチップ内比較検査の検査領域にあると判定されれば、この判定に基づいてマルチプレクサ17は2値化回路16からの入力aを選択し、また、着目点がチップ間比較検査の検査領域にあると判定されれば、この判定に基づいてマルチプレクサ17は2値化回路15からの入力bを選択する。

【0026】また、バッファメモリ9では、その読出アドレスを指定することにより、その遅延量を変化させることができる。一方、同じチップ内のチップ内比較検査の検査領域といっても、また、異なる種類の半導体ウエハでのチップ内比較検査の検査領域同士では、夫々の検査領域で繰り返しパターンのピッチが異なるものであるし、また、そのパターンの繰り返し方向も異なるものである。従って、比較対象領域特定データ生成部20で生成される比較対象領域特定データには、上記の属性データとして、チップ内比較検査の検査領域毎に、繰り返しパターンでの着目点から比較点までの距離やパターンの繰り返し方向などの情報も含まれており、これら情報が

アドレス遅延マップ設定部19に展開される領域マップでは、夫々の検査領域毎に該当するかかる属性データが対応付けられる。

【0027】そこで、アドレス遅延マップ設定部19に展開される領域マップにより、着目点が或るチップ内比較検査の検査領域内にあると判定されると、アドレス生成器18が、この検査領域に対応する属性データに基づいてアドレス情報を生成し、バッファメモリ9からこのアドレス情報に応じたアドレスに格納されている画素データが、上記着目点に対する比較点のデータとして、読み出されて出力されることになる。

【0028】この比較点の画素データは、遅延メモリ8から出力される着目点の画素データに対して、この着目点を含む検査領域のパターンの繰り返しピッチの整数倍の遅延量で遅延されたものとなっている。勿論、同じ繰り返しパターンの検査領域については、その画素データ全てについて、上記の属性データは同じであるから、アドレス生成器8で生成されるアドレス情報も同じであるが、A/D変換器6からの画像データのバッファメモリ9での書込みアドレスが、画素毎に、順次変化していくものであるから、バッファメモリ9では、アドレス生成器8から供給されるアドレス情報がこの書込アドレスの変化に応じて変化させられ、これにより、バッファメモリ9からは、着目点から所定の方角、距離の比較点の画像データが得られることになる。

【0029】次に、上記実施形態において、図2に示す構成のチップを例にして、セル内比較検査の場合の着目点への比較点のずらし幅、即ち、バッファメモリ9の遅延量について説明する。なお、図2は検査対象としての半導体ウエハ1上のチップの一部、即ち、隅部を拡大して示す図であって、30はセル部、31、32は周辺回路である。

【0030】同図において、いま、ラインセンサ5（図1）の画素セルの並び方向がY方向、XYステージ2（図1）の走行方向がX方向とする。また、リニアセンサの画素セル数をWとする。

【0031】セル部30は、X、Y方向に夫々所定の間隔で配列される同一構造のセル（図示せず）から構成されており、このため、X方向に所定のピッチで同一パターンが繰り返され、また、Y方向でも、これと同じまたは他の所定ピッチで同一のパターンが繰り返される検査領域である。周辺回路31は、Y方向に所定のピッチY<sub>p</sub>で同一のパターンが繰り返される検査領域であり、周辺回路32は、X方向に所定のピッチX<sub>p</sub>で同一のパターンが繰り返される検査領域である。従って、これら検査領域30～32はチップ内比較検査の検査領域である。なお、これらピッチY<sub>p</sub>、X<sub>p</sub>は、リニアセンサ5の1画素セル長を単位とし、画素セルのX、Y方向の長さは等しいものとする。このように、このチップの図示する部分には、3つの異なる属性の検査領域30、3



1, 32が存在することになる。

【0032】この実施形態は、パターンの繰り返し方向やパターンのピッチなどの属性が異なる検査領域を、可変遅延量のバッファメモリ9を用いることにより、遅延メモリ8、バッファメモリ9、画像位置合わせ処理回路12、比較器14及び2値化回路16からなる同じ検査処理系で検査することを可能としているのである。

【0033】そこで、ラインセンサ5で検出される画像において、リニアセンサ5の画素セルの並び方向をI方向、I方向と直交する方向をJ方向とすると、リニアセンサ5の検出画像では、周辺回路31についてはI方向に、周辺回路32についてはJ方向に夫々同一のパターンが繰り返し現れる。そして、周辺回路31である検査領域では、検査の着目点の検出画像と比較するための位置(比較点)の検出画像の検査のためのずらし方向及びずらし幅としては、I方向にピッチ $Y_p$ の倍数に設定すればよく、また、周辺回路32である検査領域については、J方向にピッチ $X_p$ の倍数に設定すればよいことがわかる。

【0034】なお、遅延メモリ8(図1)の遅延量Dは、リニアセンサ5の画素セル数Wの倍数とする。

【0035】着目点は遅延メモリ8によって遅延量Dだけ遅延されているため、バッファメモリ9(図1)による比較点の遅延量、従って、比較点の読出アドレスは、この遅延メモリ8の遅延量Dを考慮に入れる必要がある。アドレス遅延マップ設定部19(図1)には、領域マップでの周辺回路31である検査領域に対して、ずらし量としてピッチ $Y_p$ の整数倍の値が、周辺回路32である検査領域に対して、ずらし量として $W \times X_p$ の整数倍の値が夫々対応付けられている。

【0036】なお、アドレス遅延マップ設定部19には、あるJ座標をとる画素に関する遅延情報だけを記述するようにすることが可能である。このようにすることにより、アドレス遅延マップ設定部19のメモリ容量を小さくすることができる。

【0037】図3は、図1において、遅延メモリ8を設けない(即ち、遅延量 $D=0$ )場合のバッファメモリ9での着目点と比較点とのアドレス関係を説明するための図である。

【0038】ここでは、図3(a)に示すように、比較点をA、着目点をBとして、比較点Aは着目点Bよりも間隔Pだけ先行しているものとする。この間隔Pは、上記のずらし量ではあるが、このずらし量にほぼ等しいバッファメモリ9のアドレス数でもある。従って、いま、バッファメモリ9での着目点Bの書込アドレスをa

(B)とし、比較点Aの書込アドレスをa(B)とすると、着目点Bがアドレスa(B)に書き込まれるときには、このバッファメモリ9のいずれかの方向にアドレス数Pだけ離れたアドレスa(A)に、この比較点Aが書き込まれていることになる。なお、バッファメモリ9

は、0~Nのアドレスからなるものとし、従って、

$a(A), a(B) = 0, 1, 2, \dots, N$ である。

【0039】図3(b)~(d)は着目点Bの書込アドレスa(B)が、 $a(B) \geq P$ である場合である。これは、比較点Aや着目点Bの書込アドレスa(A), a(B)が夫々時間の経過とともに、アドレス0, 1, 2, ..., Nと変化していくが、比較点Aの書込アドレスa(A)=0から着目点Bの書込アドレスa(B)=Nとなるまでの期間である。この場合には、着目点Bの書込アドレスa(B)から比較点Aの書込アドレスa(A)を、

$$a(A) = a(B) - P \quad \dots (1)$$

として求めることができる。即ち、比較点Aの読出アドレスa(A)は、現時点のバッファメモリ9の書込アドレスa(B)からこのときのずらし量Pを差し引くことによって得られることになる。

【0040】また、図3(e)~(g)は着目点Bの書込アドレスa(B)が、 $a(B) < P$ である場合である。これは、着目点Bの書込アドレスa(B)=0から比較点Aの書込アドレスa(A)=Nとなるまでの期間である。この場合には、着目点Bの書込アドレスa(B)から比較点Aの書込アドレスa(A)を、

$$a(A) = a(B) + (N+1) - P \quad \dots (2)$$

として求めることができる。即ち、比較点Aの読出アドレスa(A)は、現時点のバッファメモリ9の書込アドレスa(B)に(N+1)を加算し、その結果からこのときのずらし量Pを差し引くことによって得られることになる。

【0041】このようにして、現時点の着目点Bの書込アドレスa(B)を監視しておくことにより、上記式(1), (2)により、この着目点Bに対する比較点Aのバッファメモリ9の読出アドレスa(A)を求めることができる。

【0042】そこで、アドレス遅延マップ設定部19には、そこに展開される領域マップでの夫々の領域毎に対応するずらし量Pも格納され、また、アドレス生成器18は、バッファメモリ9の時々刻々の書込アドレスを着目点Bの書込アドレスa(B)として監視するとともに、このバッファメモリ9のアドレス数(N+1)も格納しておき、現在の着目点Bを含む領域がアドレス遅延マップ設定部19で検出されて、この領域に対するずらし量Pが画素である着目点B毎に出力されると、アドレス生成器18は、現時点でのバッファメモリ9での書込アドレスa(B)とこのずらし量Pとを比較し、その比較結果に応じて、上記式(1)または(2)により、バッファメモリ9でのこのときの比較点Aの読出アドレスa(A)を決めることができる。

【0043】図4は遅延メモリ8を設けた(即ち、遅延量 $D > 0$ )場合のバッファメモリ9での着目点Bと比較

点Aとのアドレス関係や比較点Aの読出タイミングを説明するための図である。

【0044】図4において、読出時点Cは遅延メモリ8から着目点Bが出力される時点であって、この読出時点Cでのバッファメモリ9の書込アドレスをa(C)としている。

【0045】図4(a)は、その(イ)に示すように、比較点Aが着目点Bよりも先行している場合であり、バッファメモリ9では、比較点Aがアドレスa(A)に、\*

$$a(A) = \{a(C) - D\} + (-P) \quad \cdots (3)$$

となる。また、現時点の書込アドレスa(C)が(D+P)未満(a(C) < D+P)のときには、図4(a)※

$$a(A) = \{a(C) - D\} + (N+1) + (-P) \quad \cdots (4)$$

となる。

【0047】なお、遅延メモリ8の遅延量D=0とすると、a(C)=a(B)であるから、上記図3の場合と同様となり、上記式(3)、(4)は夫々上記式(1)、(2)となる。

【0048】図4(b)は、その(ニ)に示すように、着目点Bがその比較点Aよりも先行している場合であり、バッファメモリ9では、着目点Bがアドレスa

(B)に、比較点Aがアドレスa(A)に順に書き込ま★

$$a(A) = \{a(C) - D\} + (+P) \quad \cdots (5)$$

となる。また、現時点の書込アドレスa(C)がa

(C) < (D-P)のときには、図4(b)の(ヘ)か☆

$$a(A) = \{a(C) - D\} + (N+1) + (+P) \quad \cdots (6)$$

となる。

【0050】このように、上記遅延量D>ずらし量Pとすることにより、着目点Bに関して比較点Aを先行させることも、また、後行させることもできる。着目点Bに関して比較点Aを先行させる場合には、上記式(3)、(4)から明らかなように、アドレス生成器18はアドレス遅延マップ設定部19からのずらし量Pを負値にして用い、着目点Bに関して比較点Aを後行させる場合には、上記式(5)、(6)から明らかなように、アドレス生成器18はアドレス遅延マップ設定部19からのずらし量Pを正值として用いる。

【0051】そして、このような遅延量Dの遅延メモリ8を用いることにより、或る指定された検査領域でチップ内比較検査をする場合、まず、図4(b)に示すような着目点Bに関して比較点Aを後行させることにより、この検査領域の始端部からチップ内比較検査を行なうことができ、また、この検査領域の終端部では、ずらし量Pの値を変更して(この場合も、勿論ずらし量Pは上記の条件を満たしている)、図4(a)に示すような着目点Bに関してその比較点が先行するようにすることにより、この終端での着目点のチップ比較検査を行なうことができる。

【0052】図5は図1における比較対象領域特定データ生成部20の一具体例を示すブロック図であって、2

\*着目点Bがアドレスa(B)に順に書き込まれ、これから遅延量Dのアドレス数分経過した書込アドレスがa(C)のとき、遅延メモリ8から着目点Bのデータが出力される。

【0046】そこで、現時点の書込アドレスa(C)が(D+P)以上(a(C) ≥ D+P)のときには、図4(a)の(ロ)から明かなように、この着目点Bに対する比較点Aが格納されているアドレスa(A)は、

※の(ハ)から明かなように、この着目点Bに対する比較点Aが格納されているアドレスa(A)は、

★れ、着目点Bのアドレスa(B)から遅延量Dのアドレス数分経過した書込アドレスがa(C)のとき、遅延メモリ8から着目点Bのデータが出力される。なお、この場合には、遅延メモリ8の遅延量Dは上記のずらし量Pよりも大でなければならない。

【0049】そこで、現時点の書込アドレスa(C)がa(C) ≥ (D-P)のときには、図4(b)の(ホ)から明かなように、この着目点Bに対する比較点Aが格納されているアドレスa(A)は、

☆ら明かなように、この着目点Bに対する比較点Aが格納されているアドレスa(A)は、

0 aはランレングス符号格納メモリ、20 bは比較画像特定テーブル、20 cはランレングス符号変換器、20 dは領域分布マップ設定部、20 eは領域分布マップ有効区間設定部、20 fはレジスタ、20 gは比較器である。

【0053】同図において、この比較対象領域特定データ生成部20には、検査対象である半導体ウエハ1(図1)上の各検査領域の検査条件や属性に関するデータ(以下、属性データという)、即ち、各検査領域の範囲を示すデータや、その検査領域がチップ内比較検査する領域かチップ間比較検査する領域かを示すデータ、チップ内比較の検査領域である場合、着目点と比較点との間の距離(上記のずらし量P)を求めるのに必要なパターンの繰り返し方向やピッチなどといった属性データが、後述するように、比較対象領域特定データとして各検査領域毎に格納されている。また、検査領域がチップ内比較検査する領域かチップ間比較検査する領域かに応じて、検査条件が異なり、夫々の最適な感度を得るための2値化回路15、16(図1)に設定すべき2値化閾値が異なる。さらに、チップ内比較検査を行なう検査領域についても、そのパターンなどに応じて2値化回路16に設定すべき最適な2値化閾値が異なる。従って、検査領域毎のかかる2値化閾値も属性データに含まれ、比較対象領域特定データとして比較対象領域特定データ生成



部 20 に格納される。そして、かかる比較対象領域特定データのうち、各検査領域の範囲を示すデータはランレングス符号としてランレングス符号格納メモリ 20a に格納され、属性データなどのそれ以外のデータ（以下、比較画像特定データという）が比較画像特定テーブル 20b に格納されている。

【0054】ここで、各検査領域の範囲を示すデータをランレングス符号によって表わすことについて説明する。

【0055】検査領域の範囲を示す方法としては、その検査領域が長方形をなす場合には、一般に、この長方形領域の左上隅と右下隅との 2 点の座標で表わす方法がとられる。従って、任意の形状の検査領域の範囲を表わす場合、かかる検査領域を複数の長方形領域の集合とし、夫々の長方形領域について上記の 2 点の座標を指定することにより、任意の形状の検査領域の範囲を規定することができる。

【0056】例えば、図 6 (a) に示すように、同じパターンが繰り返す白い領域で示す検査領域 40 の中にこれとは異なるパターンが繰り返す（パターンの繰り返し方向が異なってもよい）黒い領域で示す検査領域 41 が存在する場合、この検査領域 41 の範囲としては、この検査領域 41 の左上隅と右下隅との座標によって定義できる。これに対し、図 6 (b) に示すように、検査領域 42 中に菱形の範囲の他の検査領域 43 が存在する場合、この検査領域 43 を複数の長方形領域の集合体で表わすことによってその範囲を定義付けようとする、非常に多数の大きさが異なる長方形領域を想定しなければならず、夫々毎に上記の座標を設定すると、膨大なデータ量となって大容量のメモリが必要となるし、これを

処理するためのハードウェア化が困難になってしまう。

【0057】かかる問題を解消するために、この実施形態は、検査領域を画像として定義付けるものであるが、検査領域を単純に画像データ（画素毎のデータ）で表わしたのでは、そのデータ量は莫大になってしまうので、ランレングス符号化などを用いて画像データの圧縮を可能とするものである。即ち、ランレングス符号を用いて検査領域の定義付けを行なうものである。

【0058】以下、図 6 (a), (b) に示すような検査領域を例として、この実施形態での検査領域のランレングス符号化による定義付けについて説明する。一般に、ランレングス符号化は 2 値化画像の圧縮に用いられるが、ここでは、検査領域の境界を求めるためにのみ用いる。

【0059】また、図 6 (a), (b) はリニアセンサ 5 が半導体ウエハ 1 (図 1) に対して一方向に移動することによって得られるこの半導体ウエハ 1 の画像の一部分を示すものであって、I 方向は、上記のように、リニアセンサ 5 の画素セルの配列方向（即ち、リニアセンサ 5 のスキャン方向）、J 方向がこれに直交する方向（即

ち、リニアセンサ 5 の相対的な移動方向である）であり、図示する画像の I 方向の幅はリニアセンサ 5 の画素セルの配列方向の長さである。リニアセンサ 5 が半導体ウエハ 1 を走査することにより、この幅の画像が得られるのである。なお、各画像において、I 方向の画素の並びをラインということにする。

【0060】いま、図 6 (a) において、長方形の黒領域で示す検査領域 41 とその周りの白領域で示す検査領域 40 とは、繰り返しパターンが互いに異なる検査領域とする。かかる画像において、I 方向にみた検査領域の配列パターンが同じであるラインの並びをまとめて 1 つの分割領域とする。即ち、かかる画像を J 方向に分割領域で区分する。ここでは、分割領域 R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub> の 3 個の分割領域に区分しているが、分割領域 R<sub>1</sub> では、検査領域 40 に属するラインのみからなるものであり、次の分割領域 R<sub>2</sub> では、順に検査領域 40, 検査領域 41, 検査領域 40 からなるラインのみからなり、さらに次の分割領域 R<sub>3</sub> では、検査領域 40 に属するラインのみからなるものである。

【0061】ここで、分割領域 R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub> はともに複数のラインからなるものとする、これら分割領域 R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub> 夫々の画像について、I 方向及び J 方向の長さをランレングス符号化する。具体的には、分割領域 R<sub>1</sub> については、I 方向の長さのランレングス符号は 1 ライン当りの画素数を表わし、J 方向の長さのランレングス符号がライン数を表わしている。この分割領域 R<sub>1</sub> が検査領域 40 であることや、パターンの繰り返し方向、ピッチなどの属性データは比較画像信号特定テーブル 20b に格納される。分割領域 R<sub>2</sub> については、I 方向のランレングス符号が最初の検査領域 40 での画素数、次の検査領域 41 の画素数及び最後の検査領域 40 の画素数を表わしており、J 方向のランレングス符号はこの分割領域 R<sub>2</sub> のライン数を表わしている。これら検査領域 40, 検査領域 41, 検査領域 40 に関する属性データも、比較画像信号特定テーブル 20b に格納される。次の分割領域 R<sub>3</sub> は、上記の分割領域 R<sub>1</sub> と同様である。

【0062】図 6 (b) に示す画像は、検査領域 42 のみからなる分割領域 R<sub>4</sub>, R<sub>6</sub> と、検査領域 42 と検査領域 43 とからなる分割領域 R<sub>5</sub> とに区分でき、分割領域 R<sub>4</sub>, R<sub>6</sub> については、図 6 (a) に示す画像の分割領域 R<sub>1</sub>, R<sub>3</sub> と同様のランレングス符号化が可能である。しかしながら、分割領域 R<sub>5</sub> では、検査領域 43 の形状から、各ライン毎に検査領域 42 と検査領域 43 との画素数の割合が異なるものであり、これら各ラインが夫々分割領域を形成することになる。このような場合には、J 方向のランレングス符号化は行わず、各ライン毎に I 方向のランレングス符号化のみを行なう。つまり、分割領域 R<sub>5</sub> では、J 方向のランレングス符号は用いない。

【0063】このように、上記のような分割領域毎にラ

ンレンジ符号化したデータを、図5におけるランレンジ符号格納メモリ20aに格納する。

【0064】なお、上記のように分割領域毎に区分することなく、各ライン毎にI方向のランレンジ符号化のみを行なうようにしてもよい。この場合には、J方向のランレンジ符号化は不要となる。例えば、分割領域を細かく多数に分割しなければならないような場合には、このようにした方が、データの高い圧縮率を実現できる場合もある。

【0065】以上のように、リニアセンサ5で読み取られる画像のデータをランレンジ符号化することにより、もとの画像のデータ量を数%にまで圧縮することも可能となる。

【0066】図5において、以上のようにして求められて分割領域のI、J方向のランレンジ符号が、J方向にみた分割領域の配列順にランレンジ符号格納メモリ20aに格納される。例えば、図6(a)を例にみると、分割領域R<sub>1</sub>のランレンジ符号がランレンジ符号格納メモリ20aのアドレスiに格納されているとすると、J方向の次の分割領域R<sub>2</sub>のランレンジ符号がランレンジ符号格納メモリ20aのアドレスi+1に格納され、次の分割領域R<sub>3</sub>のランレンジ符号がランレンジ符号格納メモリ20aのアドレスi+2に格納される、というようになる。

【0067】ランレンジ符号変換器20cはアドレスカウンタ(図示せず)を内蔵し、ランレンジ符号格納メモリ20aからこのアドレスカウンタで指定するアドレスに格納されている分割領域のランレンジ符号を読み出して、そのI方向のランレンジ符号を1ライン分(図6での画像の横幅分)の画像データに変換して領域分布マップ設定部20dに設定するとともに、J方向のランレンジ符号をこの分割領域のライン数を表わすデータに変換して、この分割領域の終端を表わすデータとして、領域分布マップ有効区間設定部20eに設定する。なお、図6(b)の分割領域R<sub>2</sub>のように、ライン毎にI方向のランレンジ符号が設定される場合には、夫々毎に値1が分割領域の終端を表わすデータとして領域分布マップ有効区間設定部20eに設定される。

【0068】Jレジスタ20fはリニアセンサ5が1ラインスキャンする毎にインクリメントされるものであって、このJレジスタ20fの値が比較器20gで領域分布マップ有効区間設定部20eの値と比較される。Jレジスタ20fの値が領域分布マップ有効区間設定部20eの値と一致すると、比較器20gから一致信号が出力され、この一致信号によってランレンジ符号変換器20cのアドレスカウンタがインクリメントされ、ランレンジ符号格納メモリ20aの次のアドレスに格納されている分割領域のランレンジ符号がランレンジ符号変換器20cに読み出される。これにより、次の分割領域のI方向のランレンジ符号が1ライン分の画像デー

タに変換されて領域分布マップ設定部20dに設定されるとともに、J方向のランレンジ符号がこの分割領域のライン数を表わす値に変換され、これがこの分割領域の終端部を表わすデータとして領域分布マップ有効区間設定部20eに新たに設定される。

【0069】また、比較器20gから一致信号が出力されると、これにより、Jレジスタ20fは初期値0にセットされ、再びリニアセンサ5が1ラインスキャンする毎にインクリメントされる。

10 【0070】このようにして、ランレンジ符号格納メモリ20aから各分割領域のランレンジ符号が読み出されて、夫々毎の画像データが1ラインスキャン部分ずつ得られて領域分布マップ設定部20dに設定され、この画像データをもとに、アドレス遅延マップ設定部19(図1)で各分割領域のアドレス遅延マップデータが設定されることになる。

20 【0071】さらに、比較器20gから一致信号が出力されると、これにより、ランレンジ符号格納メモリ20aから上記のようにランレンジ符号が読み出される分割領域に対応するデータ、即ち、上記のチップ内比較の検査領域かチップ間比較の検査領域かを示すデータ、2値化回路15、16に設定する検査領域毎の2値化閾値、チップ内比較検査の検査領域である場合のパターンの繰り返し方向やそのピッチなどといった属性データなどの比較画像特定データが比較画像特定テーブル20bから読み出される。

30 【0072】かかる比較画像特定データは、分割領域での検査領域の配列パターンに応じて、1以上からなっている。図6(a)を例にとると、分割領域R<sub>1</sub>では、検査領域40のみからなるものであるから、この検査領域40に対する比較画像特定データが比較画像特定テーブル20bから読み出される。これは、アドレス遅延マップ設定部19に転送されて分割領域R<sub>1</sub>での検査領域40に対応付けられる。

40 【0073】同様にして、分割領域R<sub>2</sub>では、検査領域40、検査領域41、検査領域40に区分されているから、これら夫々の検査領域に対する比較画像特定データが比較画像特定テーブル20bから読み出される。この場合、ランレンジ符号格納メモリ20aから読み出されたこの分割領域R<sub>2</sub>のI方向のランレンジ符号の変換された値(画素数)に基づいて、これら比較画像特定データが対応する検査領域40、検査領域41、検査領域40毎に振り分けられる。次の分割領域R<sub>3</sub>は、上記の分割領域R<sub>1</sub>の場合と同様である。また、図6(b)についても同様であるが、この場合、分割領域R<sub>5</sub>では、1ライン毎に比較画像特定データが比較画像特定テーブル20bから読み出される。

50 【0074】かかる比較画像特定データの比較画像特定テーブル20bの格納方法としては、次のような方法が考えられる。

【0075】即ち、比較画像特定テーブル20bに第1、第2のアドレスカウンタを設け、第1のアドレスカウンタは比較器20gからの一致信号によってインクリメントするようにする。また、リニアセンサ5のラインスキャンに同期して画素毎にインクリメントされ、かつリニアセンサ5が1ラインスキャンを終了する毎に出力値が0となるIレジスタを設け、上記第2のアドレスカウンタは、このIレジスタの出力値が0のとき、初期値0にリセットされ、このIレジスタの出力値が分割領域のI方向のランレングス符号の値と一致する毎にインクリメントするものである。かかる第1、第2のアドレスカウンタのカウント値をまとめて比較画像特定テーブル20bのアドレスとする。

【0076】かかる方法によると、比較器20gから一致信号が供給される毎に、比較画像特定テーブル20bの読出アドレスが変更されて新たな分割領域の比較画像特定データが読み出されるように、夫々分割領域の比較画像特定データが格納され、また、同じ分割領域が複数のラインからなる場合には、第1のアドレスカウンタの値が変化せず、第2のアドレスカウンタの値のみが繰り返し変化するものであるから、この分割領域の比較画像特定データがライン毎に読み出されることになる。勿論、1ライン中に異なる検査領域が2以上配列される場合には、夫々の検査領域の比較画像特定データは夫々、第1のアドレスカウンタの値は同じで第2のアドレスカウンタの値が異なるアドレスに格納されていることになる。つまり、図6に示すように画像の場合、第1のカウントの値はJ方向の分割領域毎に異なり、また、第2のカウントの値は、I方向の異なる検査領域毎に異なることになる。即ち、いま、第1のアドレスカウンタの値を $A_j$ 、第2のアドレスカウンタの値を $A_i$ とすると、比較画像特定テーブル20bのアドレス( $A_j$ ,  $A_i$ )にj番目の分割領域でのi番目の検査領域に対する比較画像特定データが格納されていることになる。

【0077】なお、全てライン毎にI方向のランレングス符号や比較画像特定データが設定され、J方向のランレングス符号が設定されない場合には、図5において、領域分布マップ有効区間設定部20eやJレジスタ20f、比較器20gは不要となり、リニアセンサ5が1ラインスキャン終了する毎に発生される信号が、上記の一致信号の代わりに、ランレングス符号変換器20cと比較画像特定テーブル20bに供給される。

【0078】また、比較画像特定テーブル20bに2値化閾値などを設定しておくことにより、検査領域毎に容易に判定条件を変えることが可能であり、また、距離とその方向といった属性データに関しては、画像が格納されるメモリにおけるアドレスの相対的な差によって表現することでハードウェア化が容易になる。

【0079】領域分布マップ設定部20dのデータはアドレス遅延マップ設定部19に転送され、アドレス遅延

マップ設定部19では、比較画像特定テーブル20bから読み出された比較画像特定データをもとに、アドレス遅延マップデータが設定される。このアドレス遅延マップデータは、各画素毎に、これを着目点としたときの比較検査がチップ内比較かチップ間比較かどうか、チップ内比較であるときの比較点までの距離(即ち、上記のずらし量)、同一パターンの繰り返し方向などの、この画素が含まれる検査領域の属性データからなるものである。かかるずらし量Pは、パターンの繰り返し方向とピッチとから計算される。また、パターンの繰り返し方向やピッチの代わりに、これから求めた比較点のずらし量Pを属性データとして図5の比較画像特定テーブル20bに格納するようにしてもよい。

【0080】次に、図7により、上記のように検査領域を画像データで表わすことのメリットについて説明する。ここで、図7は半導体チップの画像の一部を拡大して示す図であって、50はセル部、51、52は周辺回路、53、54は配線パターン部である。

【0081】同図において、周辺回路51はI方向に同じパターンが繰り返す検査領域であり、周辺回路52はJ方向に同じパターンが繰り返す検査領域である。セル部50もI方向またはJ方向に同じパターンが繰り返す検査領域であるが、このパターンのピッチは周辺回路51、52のパターンのピッチとは異なる。配線パターン部53は配線パターンの画像がI方向に伸びた検査領域であり、配線パターン部54は配線のパターンがJ方向に伸びた検査領域である。

【0082】検査領域50～52は、繰り返しパターンを有するチップ内比較検査が可能な検査領域である。また、検査領域53、54は繰り返しパターンを有しない。しかし、検査領域53はI方向(配線パターンの伸延方向)の任意の2点でパターンが同一であり、従って、任意のずらし量Pでチップ内比較検査ができる。検査領域54も、J方向について、任意のずらし量Pでチップ内比較検査ができる。

【0083】このように、図7に示す例をみても、1つの検査対象に対して多数の検査領域が存在するものであり、検査対象によっては、チップ内比較検査の検査領域がさらに多く存在し、さらに、チップ間比較検査も必要とする検査領域が存在するものもある。

【0084】このように、半導体ウエハ上では、同じチップ内に種々の検査領域が多数存在しており、また、それら検査領域の配置や形状も様々である。そして、このような検査領域を1つ1つ長方形領域の集合体として近似することにより、これら検査領域に関するデータを作成してメモリに格納したのでは、そのデータ量は膨大なものとなり、また、このためのハードウェアの実現も非常に困難である。これに対し、かかる検査領域の情報を、上記のように、2値画像データとして、これをランレングス符号化してメモリに格納することにより、メモ

りとしても容量を低減できるし、また、ランレングス符号かなどの処理のためのハードウェアも容易に実現されるものである。

【0085】検査領域を自動的に検出し、そのデータを設定するようにする後述の自動設定に際しては、検査領域が検出されると、直ちにこれを2値画像データ化してランレングス符号化できるものであり、検査領域の配置や形状を検出してから、この検査領域を多数の長方形領域の集合として定義付けるような方法に比べ、自動設定の効率が非常に高いものとなる。特に、かかる自動設定では、リニアセンサ5の画像セルの並び方向の幅にわたるライン毎に検査領域を検出するものであるが、その検出が行なわれると、そのラインについてI方向のランレングス符号化が可能となり、このように、ライン毎に領域の判定を行ないながら、検査領域が検出されると、そのラインでの検査領域の配列などの情報を直ちにランレングス符号化することができて、最も効率が良いものとなる。

【0086】ところで、以上のような検査領域に関する情報を手入力し、比較対象領域特定データ生成部20のランレングス符号格納メモリ20aや比較画像特定テーブル20bに格納しようとすることは、検査データの設定作業を非常に複雑にし、多様な種類のウエハを生産するラインでは、適用が不可能である。検査領域のデータの設定を容易にするためには、自動的に検査対象の検査領域を判定し、これを解析して設定することが重要である。

【0087】図1において、自動領域設定部21は、このように、検査対象としての半導体ウエハ1での検査領域を自動的に判別し、その結果を比較対象領域特定データ生成部20に格納するようにしたものである。

【0088】図8はこの自動領域設定部21による検査領域の自動設定方法の一具体例を説明するための図である。

【0089】図1において、XYステージ2を移動させながらリニアセンサ5がラインスキャンすることにより、自動領域設定部21がリニアセンサ5から半導体ウエハ1の画像を取り込む。図8はかかる画像60の一部を示すものである。

【0090】自動領域設定部21は、かかる画像60を適宜局所領域601～612に分割し、各局所領域毎にパターンの繰り返しピッチを求める。このピッチを求める方法としては、例えば、局所領域601のピッチを求める場合、この局所領域601をX方向に一定のずらし量Pxだけずらしただけずらし画像601'を生成し、これと画像60との間でパターンマッチングを行なう。この場合、探索範囲をこのずらし量Pxの±50%とし、この探索範囲内で元の画像60に対してずらし画像601'のずらし量を変化させる。このようにすると、上記ずらし量Pxの1.5倍のピッチ以下で繰り返しパター

ンであれば、これを検出することができる。パターンマッチング方法としては、残差逐次検定法や相互相関係数による方法などが考えられる。ここで、パターンマッチングによって求めたずらし量Px'が着目点と比較点との距離に相当する。

【0091】以下同様にして、他の局所領域602～612に対しても、そこに繰り返しパターンがあれば、そのピッチを求める。この場合、同じパターンが繰り返す局所領域では、同じパターンピッチが得られる。

【0092】次に、得られたピッチ毎に次の処理を行なう。夫々のピッチの繰り返しパターンを持つ領域を検出する。即ち、得られたピッチの1つに着目し、そのピッチ分だけX方向に画像60をずらしただけずらし画像60'を生成し、これをもとの画像60と比較し、その比較結果を2値化する。基本的には、この比較結果の2値化画像では、“0”となる領域が上記のピッチで同じパターンが繰り返す領域である。上記のようにして得られた他のピッチについても、同様の処理を行ない、これにより、画像60でのX方向に異なるピッチで繰り返すパターンの2以上の領域が検出されることになる。以上のピッチのパターンを持つ領域以外の領域は、X方向に繰り返すパターンを有しない領域とする。なお、同じ局所領域にパターンの繰り返しピッチが異なる2以上の領域が混在し、それらのピッチが上記の探索範囲内であれば、夫々のピッチが同じ局所領域から検出されることになる。

【0093】Y方向についても同様の処理を行ない、これにより、Y方向に繰り返すパターンを持つ領域が検出される。このようにして、X、Yの少なくともいずれかの方向に繰り返すパターンを持つと判定された領域がチップ内比較検査を行なう検査領域であり、それ以外の領域は、繰り返しパターンを持たないとして、チップ間比較検査を行なう検査領域とする。

【0094】但し、この方法によると、検出する画像60上に欠陥がある場合には、正常に検査領域を設定できないという問題がある。この問題を避けるには、確率的に2つのチップの同じ位置には欠陥が存在しないという性質を利用すればよい。即ち、上記の同じ設定処理を隣接するチップでの設計が同じ領域について行ない、これらから生成された2枚の2値化画像のAND処理を行なうことにより解決できる。これら2枚の2値化画像の対応する位置がともに“1”でない限り、AND処理の結果は“0”であり、欠陥の影響を排除できる。また、AND処理後の2値化画像には、領域が小さい、ノイズのような領域も発生してしまう。これは生成された2値化画像の“0”の領域を収縮処理するか、あるいは小さい“0”の領域を消滅させてしまうことにより解決できる。

【0095】以上のようにして得られた領域の設定結果をもとに、図6で説明したようにして、各分割領域の画

像データをランレングス符号化し、図5におけるランレングス符号格納メモリ20aに格納する。この場合、比較画像特定テーブル20bには、上記のようにして求めたピッチを、パターン繰り返しX、Y方向と関連付けて、着目点から比較点までの距離として格納する。

【0096】着目点と比較点とのずれが一定である領域を画像として持つ方法、あるいは領域を自動的に抽出する方法に関して、ここまでは、X、Y両方向に対応するパターンを見つける構成で説明してきたが、同様の構成は、XまたはYのいずれか一方の方向に対応するパターンを見つける方式にも、適用可能である。

【0097】一般に、半導体ウエハの外観検査において、同一パターンが繰り返し現われる場合、その繰り返しピッチの整数倍だけ画像をずらし、これと元の画像との差画像を算出して欠陥を検出する検査方式をセル比較検査（チップ内比較検査に相当）と呼ばれるが、この検査方式では、上記の方法により、セル比較検査が可能な領域を設定することなく、セル比較検査を実現することが可能である。

【0098】また、このセル比較検査が可能な領域の自動検出は、必ずしも検査の前のみではなく、検査中に行なわれてもよい。

【0099】ところで、欠陥検査中に行なうに好適なアプリケーションとしては、欠陥の自動分類（ADC）が挙げられる。欠陥自動分類では、画像センサとして、リニアセンサではなく、2次元のエリアセンサが用いられ、これによって得られた欠陥部分の拡大画像をもとに、その欠陥のカテゴリを自動的に分類する。このときの撮像倍率は外観検査を行なう際の倍率と異なるために、画像の視野が外観検査の場合と異なり、また、外観検査とは異なる検出系で撮像することが一般的であるため、ADCで求めた欠陥の位置も外観検査で求めたこれと同じ欠陥の位置と微妙に異なってしまう。従って、外観検査で行なったセル比較検査結果のデータを用いても、上記のエリアセンサから得られたADC用の画像に対してセル比較を行なうことができなかった。

【0100】そこで、ADCにおいては、一般に、欠陥位置を抽出する際にセル比較を適用することはできず、異なるチップ間の同一のパターンを持つ画像同士を比較するダイ比較（チップ間比較に相当）によって欠陥領域を抽出していた。しかし、ダイ比較では、薄膜干渉による明るさむらなどが発生し、正確な欠陥領域の抽出が困難な場合があった。欠陥検査装置では、一般に、セル比較による検査をメモリセル部で行なうため、場合によっては、これよりもADC用の画像を用いた欠陥分類の方が欠陥領域を正確に求めることができない、などの問題もあった。

【0101】これに対し、ADC用の画像に図8で説明した上記の自動設定の手法を用いることにより、ADCにおいても、セル比較（チップ内比較検査）が可能な領

域を自動的に検出することができ、セル比較可能な検査領域では、セル比較を適用して欠陥領域を抽出することが可能である。従って、正確な欠陥領域の抽出が可能となり、より正確な欠陥の自動分類を実現できる。

【0102】かかるADC装置としては、基本的には、図1に示す構成をなすが、リニアセンサ5の代わりに2次元のエリアセンサを用い、また、レンズ4も欠陥検査装置よりも倍率の大きいものを用いる。さらに、A/D変換器6の前段にエリアセンサが撮像する1画像分のデータを格納するメモリも設けられる。

【0103】以上説明した実施形態では、図1に示したように、光学的に照明光の半導体ウエハ1からの反射光を検出する方式を例にとりて説明したが、本発明では、検出方式に限定されるものではなく、例えば、電子走査式顕微鏡によって半導体ウエハの画像を撮像した場合にも適用可能である。

【0104】さらに、本発明では、検査対象としては、半導体ウエハのみに限定されるものではない。例えば、ガラス基板上に形成された任意パターンの検査対象としてもよい。モバイルコンピュータやコンパクトなデスクトップコンピュータでは、TFT液晶ディスプレイが用いられている。かかるディスプレイを制御するために制御回路が必要であるが、全体をコンパクトにまとめるために、ディスプレイのガラス基板上に低温ポリシリコンや粒界結晶シリコンで制御回路を形成するというアプローチが検討されている。

【0105】図9は、その一例として、制御回路をガラス基板上に形成したTFT液晶ディスプレイパネルを示すものであって、70は画素部、71、72はゲートドライバ部、73はソースドライバ部である。

【0106】同図において、液晶ディスプレイパネルでは、その画素部70が広い面積を占めることから、1枚のガラス基板に複数の液晶ディスプレイパネルを形成した場合であっても、隣接する液晶ディスプレイパネルでの同一設計箇所は大きく離れている。このため、隣接する液晶ディスプレイパネルでの同一設計箇所同士を比較して検査することは、検出の面あるいは同じパターンでも、異なった明るさで検出されてしまうといった問題により、メリットが少ない。

【0107】一方、ゲートドライバ部71、72では、Y方向に同一のパターンが繰り返し出現し、また、ソースドライバ部73では、X方向に同一のパターンが繰り返し出現する。

【0108】このような液晶ディスプレイパネルに対し、X、Y方向夫々のパターンの繰り返し性をもとに検査する本発明による方法を適用することにより、画素部70やゲートドライバ部71、72、ソースドライバ部73について、隣接する液晶ディスプレイパネルでの同一設計箇所を比較せずとも、繰り返し出現するパターン同士を比較して検査を行なうことが可能になる。

## 【0109】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、微細なパターンを有する検査対象が局所的、かつ互いに異なる方向に繰り返すパターンを有している場合でも、これらいずれの方向についても、繰り返しパターン同士を比較する検査を実現することが可能である。

【0110】また、本発明によれば、自動欠陥分類においても、欠陥位置を繰り返しパターンを利用して検出することができ、この欠陥位置の検出精度を高めることができる。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による欠陥検査方法とその装置の一実施形態を示す構成図である。

【図2】図1に示した実施形態の検査対象としての半導体ウエハの一部を拡大して示す図である。

【図3】図1に示すバッファメモリの遅延メモリがないときの読出アドレスを説明するための図である。

【図4】図1に示すバッファメモリの遅延メモリがあるときの読出アドレスを説明するための図である。

【図5】図1における比較対象領域特定データ生成部の一具体例を示す簡略構成図である。

【図6】図5に示した具体例に格納する画像データの圧縮方法の説明図である。

【図7】検査対象としての半導体ウエハ上のチップの一部の他の例を拡大して示す図である。

【図8】図1に示した実施形態が比較対象の特定を自動的に行なうための画像領域分割法の説明図である。

【図9】図1に示した実施形態の検査対象の他の具体例

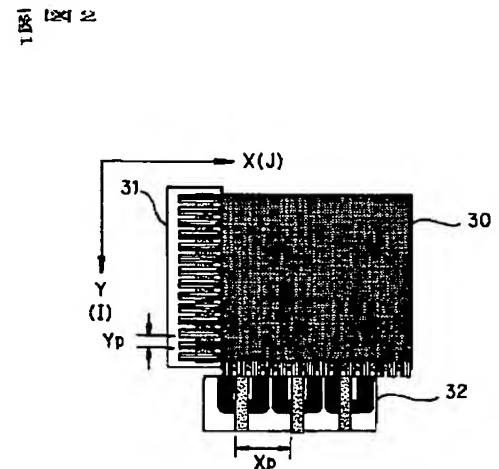
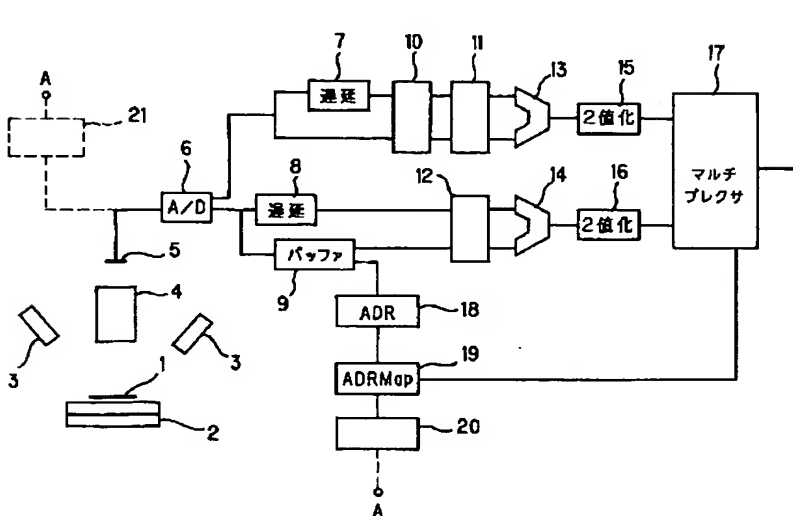
を示す図である。

## 【符号の説明】

- 1 半導体ウエハ
- 2 XYステージ
- 3 照明手段
- 4 レンズ
- 5 リニアセンサ
- 6 A/D変換器
- 7 チップ遅延メモリ
- 8 遅延メモリ
- 9 バッファメモリ
- 10 画像位置合わせ処理回路
- 11 画像信号補正処理回路
- 12 画像位置合わせ処理回路
- 13, 14 比較器
- 15, 16 2値化回路
- 17 マルチプレクサ
- 18 アドレス生成器
- 19 アドレス遅延マップ設定部
- 20 比較対照領域特定データ生成部
- 20a ランレングス符号格納メモリ
- 20b 比較画像特定テーブル
- 20c ランレングス符号変換器
- 20d 領域分布マップ設定部
- 20e 領域分布マップ有効区間設定部
- 20f Jレジスタ
- 20g 比較器
- 21 自動領域設定部

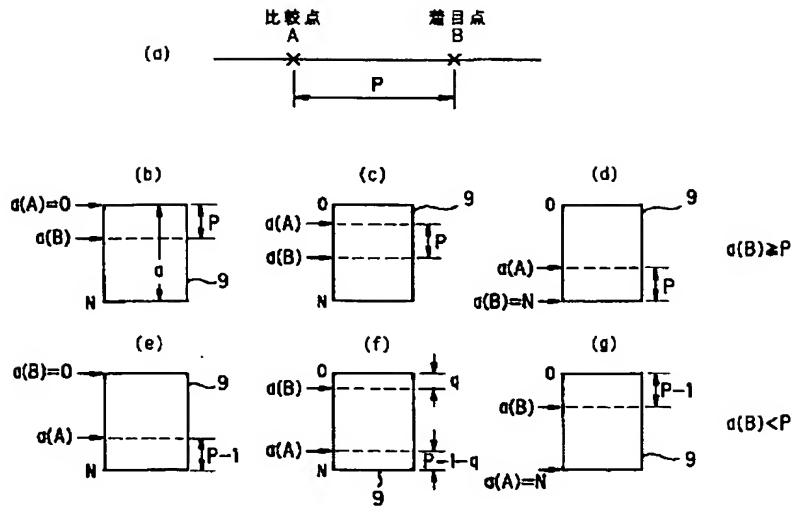
【図1】

【図2】

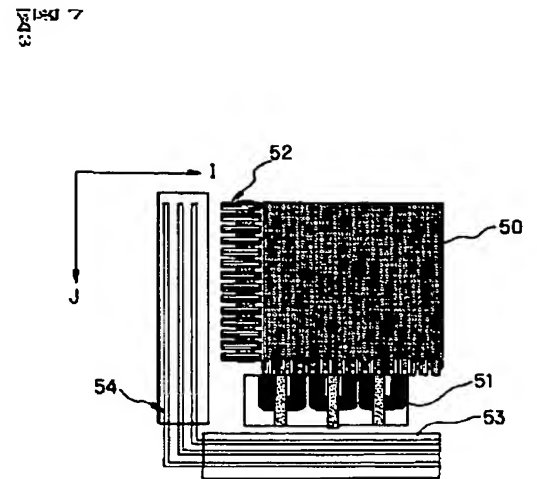




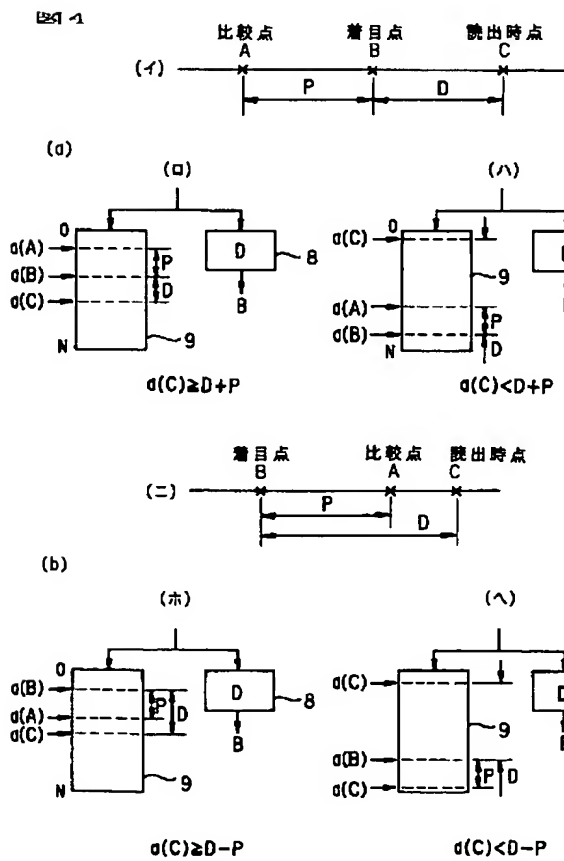
【図 3】



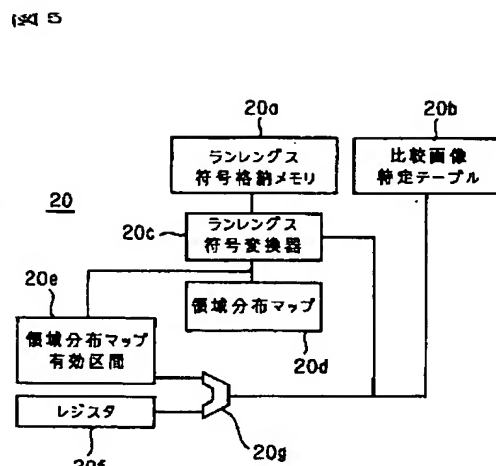
【図 7】



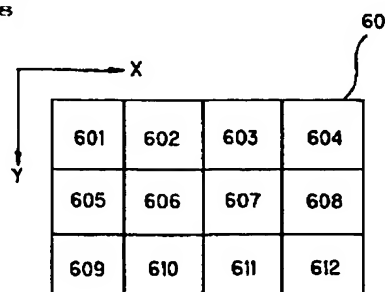
【図 4】



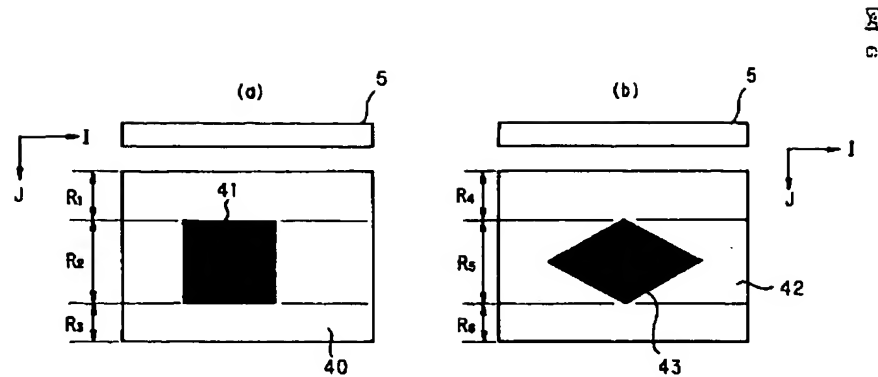
【図 5】



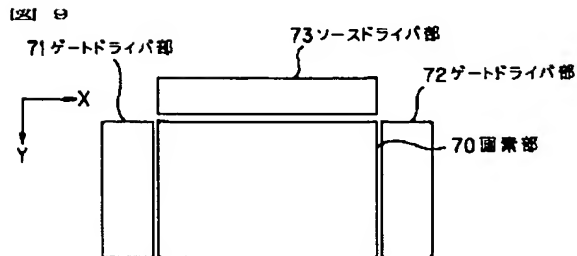
【図 8】



【図 6】



【図 9】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>  
H 0 1 L 21/66

識別記号

F I  
H 0 1 L 21/66

テーマコード(参考)  
J

(72) 発明者 磯貝 静志  
茨城県ひたちなか市大字市毛882番地 株  
式会社日立製作所計測器グループ内

F ターム(参考) 2G051 AA51 AB07 EA12 EC01 ED21  
2H088 FA13 MA20  
4M106 AA01 CA39 CA41 DB21 DJ04  
DJ11 DJ18 DJ19 DJ21 DJ26  
5B057 AA03 BA02 CA02 CA08 CA12  
CA16 CG04 DA03 DB02 DB09  
DC32  
5L096 AA03 AA06 BA03 CA02 GA08  
GA36 HA07 JA03 LA10

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**